

4. Kết luận

Lý thuyết cơ sở Nhiệt động học và động cơ đốt trong chỉ ra rằng, để nâng cao hiệu suất nhiệt thì phải tăng nhiệt độ nhiệt động học trung bình của quá trình cấp nhiệt \bar{T}_1 hoặc đối với động cơ đốt trong thì tỉ số nén ϵ . Tuy vậy, trong thực tế các giá trị trên phải ở trong giới hạn nhất định và còn phụ thuộc vào mức độ thuận nghịch của các quá trình cũng như tỉ số $|Z_{\text{mô}}|/q_1$. Các yếu tố trên phụ thuộc vào đặc điểm làm việc (ví dụ, động cơ cao tốc hay thấp tốc), kiểu loại động cơ (tăng áp hay không, phối khí và cấp nhiên liệu điều khiển bằng cơ giới hay điện tử...), công nghệ vật liệu và chế tạo...

Dựa vào công thức (6) và trên cơ sở giả định sơ bộ về hiệu suất trong của các quá trình (trên cơ sở thực tế), ta có thêm cơ sở để xác định phạm vi của ϵ trong thiết kế ban đầu một cách phù hợp và sát thực tế hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS. Lê Xuân Ôn, *Cơ sở nhiệt động kỹ thuật*, Tài liệu giảng dạy cho cao học, ĐHHH.
- [2] PGS.TS. Lê Xuân Ôn, *Cơ sở nhiệt động các chu trình thiết bị nhiệt*. Tài liệu giảng dạy cho cao học, ĐHHH.
- [3] PGS.TS Phạm Lê Dần, PGS.TS Bùi Hải, *Nhiệt động kỹ thuật*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. 1994.

Người phản biện: TS. Thẩm Bội Châu; TS. Lê Anh Tuấn

THUẬT TOÁN XÁC ĐỊNH CÁC HỆ SỐ SỨC CẢN XOẮN BẰNG THỰC NGHIỆM PHỤC VỤ TÍNH TOÁN DAO ĐỘNG XOẮN HỆ TRỤC TÀU THỦY THE DETERMINING TORSIONAL VIBRATION DAMPING COEFFICIENTS ALGORITHM FOR COMPUTING MARINE SHAFTING'S VIBRATIONS

TS. NGUYỄN MẠNH THƯỜNG

Khoa Cơ khí, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Bài viết trình bày thuật toán xác định các hệ số sức cản trong kết cấu động cơ, hệ trục và thủy động lên chong chóng trong dao động xoắn hệ trục tàu thủy từ kết quả đo dao động. Đo dao động xoắn những hệ trục đã có, biết được đặc tính tần số dao động của chúng thì có thể xác định được những tham số chưa biết bằng các phép biến đổi đại số tuyến tính. Kết quả thu được có thể sử dụng để khái quát hóa và đưa ra các công thức tính toán các hệ số cản phù hợp với thực tế kỹ thuật.

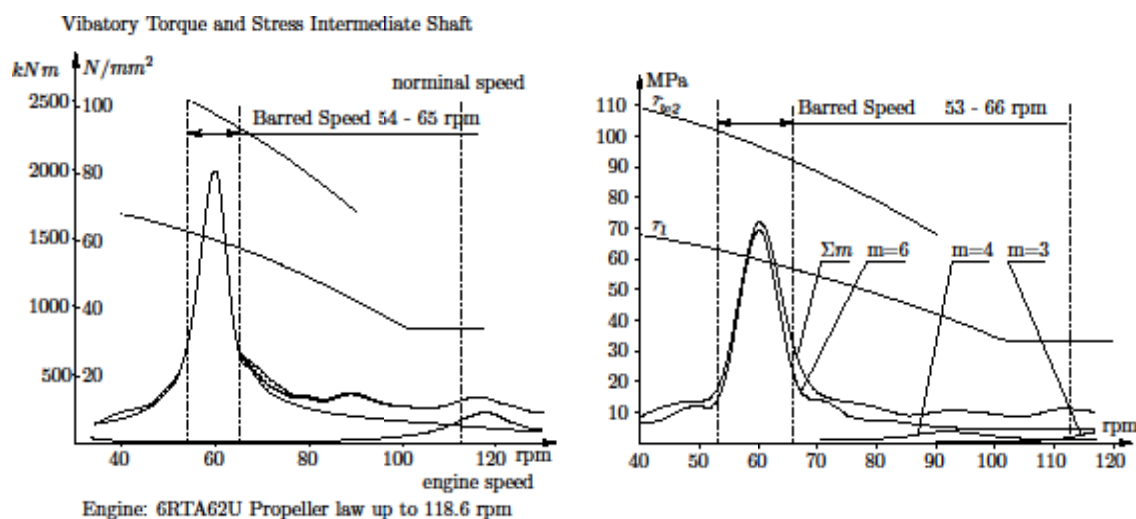
Abstract

This article presents the algorithm of determining torsional vibration damping coefficients in main engines and shafting structures and hydraulic resistances on propellers. After measuring existing shafting's vibrations, we will get the frequency's characteristic of vibrations and can compute the unknown parameters with using linear algebra transformations. The results may be used for generalization and to build formula for determining appropriate to technique damping coefficients.

1. Đặt vấn đề

Việc tính toán dao động xoắn hệ trục tàu thủy còn gặp một số khó khăn trong việc xác định các lực cản trong của vật liệu và kết cấu biên khuỷu, các xi lanh và lực cản của nước lên chong chóng do tính chất phức tạp của bài toán. Lực cản, ma sát bôi trơn v.v... là những đại lượng khó xác định hơn so với lực đàn hồi và lực cưỡng bức khác do chúng là các đại lượng có bậc bé hơn và khó đo lường chính xác hoặc không thể đo lường được trong thực tế. Cho đến nay, thường các đại lượng này được xác định bằng các công thức thực nghiệm hoặc bán thực nghiệm như trong [1]. Tuy vậy, động cơ tàu thủy và chong chóng hiện đại đã khác nhiều so với vài chục năm trước đây về kích thước, đặc điểm kết cấu và bản thân các động cơ, chong chóng hiện đại cũng rất đa dạng về kiểu loại và đặc điểm động lực học. Vì vậy, có thể khẳng định rằng sử dụng các công thức cho các động cơ và chong chóng trước kia là không còn phù hợp nữa, do đó những tính toán theo công thức truyền thống không cho kết quả phù hợp thực tế.

Hiện nay, nhiều cơ quan thiết kế và đăng kiểm sử dụng các giả thiết là: Coi các hệ số sức cản trong ở động cơ là hằng số; mô men cản tỉ lệ với vận tốc góc dao động của các khối lượng (còn gọi là hệ số cản tuyệt đối) hoặc với vận tốc góc biến dạng xoắn (còn gọi là hệ số cản tương đối); Hệ số cản của nước đối với chong chóng tỉ lệ với bình phương của vòng quay [2]. Với các hệ số sức cản của động cơ và chong chóng được các hãng chế tạo máy cung cấp, kết quả tính toán của họ và của tác giả tại [3] thu được khá sát nhau và gần đúng với kết quả đo.



Hình 1a. Biên độ ứng suất tính theo vòng quay tại trục trung gian của Ba lan [2]

Hình 1b. Biên độ ứng suất theo vòng quay đo tại trục trung gian [2]

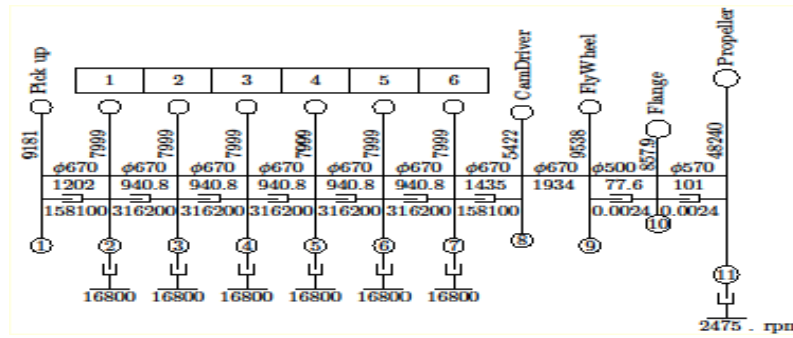
Hình 1a và 1b là kết quả tính và đo dao động hệ trục tàu B 170-V do cơ quan thiết kế Ba lan thực hiện. Ngoài ra, ưu điểm của sử dụng các giả thiết này là cho phép tuyến tính hóa hệ phương trình vi phân và tính dao động cưỡng bức một cách liên tục theo vòng quay [3]. Khi coi sức cản phụ thuộc không tuyến tính vào biên độ dao động và vận tốc dẫn đến phải giải hệ phương trình vi phân không tuyến tính nên chỉ thường dùng để tính toán dao động cộng hưởng với giả thiết là hình thức dao động cưỡng bức giống như của dao động tự do [1, 3]. Song vấn đề cần thiết đặt ra hiện nay là xác định các hệ số sức cản trên như thế nào. Nếu chỉ phụ thuộc vào nhà sản xuất và số liệu của họ đưa ra, thì lấy cơ sở nào để cho rằng nó là tin cậy? Dựa vào đâu để khẳng định được việc tính toán dao động ở giai đoạn thiết kế đảm bảo chính xác? Có thể suy luận rằng, xác định các hệ số trên vẫn còn là vấn đề cần được giải quyết ngay cả đối với ngành đóng tàu thế giới vì các cơ quan Đăng kiểm nước ngoài vẫn đòi hỏi phải đo lại dao động xoắn đối với những thiết kế mới.

Bài viết sẽ trình bày thuật toán xác định các hệ số cản sau khi đã đo được dao động xoắn cho các tàu sau đóng mới bằng thiết bị đo dao động xoắn hiện đang sử dụng. Sau khi xác định được các hệ số cản đối với nhiều hệ trục khác nhau, chúng ta sẽ có kinh nghiệm và hiểu biết về các yếu tố gây cản, từ đó có thể xây dựng được các công thức bán thực nghiệm để xác định các hệ số sức cản trong xi lanh động cơ, cản trong của vật liệu và nước lên chong chóng... phục vụ tính dao động xoắn ở giai đoạn thiết kế.

2. Xây dựng thuật toán xác định các hệ số sức cản

Coi hệ trục tàu thủy tương đương với hệ thống dao động xoắn gồm n khối lượng rời rạc, liên kết nhau bằng các khâu đàn tính không khối lượng như ở hình 2 [1, 2].

Các lực cưỡng bức dao động là các lực tác dụng lên các khuỷu trục và chong chóng. Các loại hình sức cản chính được kể tới là cản trong cơ cấu piston-biên, các khuỷu trục, các đoạn trục và chong chóng.



Hình 2. Mô hình dao động xoắn hệ trục tàu thủy

Kí hiệu góc biến dạng xoắn của khối lượng thứ i là φ_i , mô men xoắn cưỡng bức tác dụng lên nó là M_i , mô men quán tính khối lượng I_i , hệ số sức cản tuyệt đối là a_i (sức cản tác dụng lên khối lượng), hệ số sức cản tương đối giữa hai khối lượng i và $i+1$ là $b_{i,i+1}$ và độ cứng đoạn trục giữa chúng là $K_{i,i+1}$, phương trình chuyển động của khối lượng thứ i có dạng [3]:

$$-b_{i-1,i}\ddot{\varphi}_{i-1} - K_{i-1,i}\varphi_{i-1} + I_i\ddot{\varphi}_i + (a_i + b_{i-1,i} + b_{i,i+1})\dot{\varphi}_i + (K_{i-1,i} + K_{i,i+1})\varphi_i - b_{i,i+1}\dot{\varphi}_{i+1} - K_{i,i+1}\varphi_{i+1} = M_i$$

với $i = 1, \dots, n$. (1)

Khi dao động ổn định, góc xoắn của khối lượng i là do tổng các dao động điều hòa

$$\varphi_i = \sum_1^m (S_{i,k} \sin k\omega t + C_{i,k} \cos k\omega t) \quad (2)$$

và các mô men cưỡng bức, do có chu kì nên có thể biểu diễn bằng chuỗi:

$$M_i = \sum_1^m M_{i,k} \sin(k\omega t + \beta_i) = \sum_1^m (M_{i,k}^s \sin k\omega t + M_{i,k}^c \cos k\omega t). \quad (3)$$

Thay các biểu thức (2) và (3) vào (1) sẽ được các hệ phương trình đối với mỗi bậc điều hòa k , sau khi cân bằng các thành phần sin và cos hai vế ta sẽ thu được hệ $2n$ phương trình đại số dạng [3]:

$$F_k A_k = M_k, \quad (4)$$

Trong đó:

$M_k = [M_{1,k}^s, M_{2,k}^s, \dots, M_{n,k}^s, M_{1,k}^c, M_{2,k}^c, \dots, M_{n,k}^c]^T$ là véc tơ cột của các biên độ mô men cưỡng bức tại cấp điều hòa k ,

$A_k = [S_{1,k}, S_{2,k}, \dots, S_{n,k}, C_{1,k}, C_{2,k}, \dots, C_{n,k}]^T$ là véc tơ cột của các biên độ góc xoắn ứng với bậc điều hòa k ,

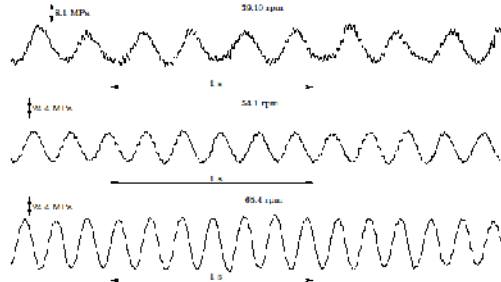
$F_k = [f_{ij}]$ là ma trận vuông cấp $2n$, các phần tử f_{ij} là hàm của $k\omega$, độ cứng các đoạn trục $K_{i,i+1}$, momen quán tính I_i của các khối lượng và các hệ số sức cản $a_i, b_{i,i+1}$ [4].

Nếu xác định được các phần tử f_{ij} của F_k , thì các biên độ biến dạng xoắn của các khối lượng do cấp điều hòa thứ k sẽ là: $A_k = F_k^{-1} M_k$. Từ đó biên độ mô men đàn hồi xoắn ở cấp điều hòa k trên đoạn trục $i, i+1$ tính được bằng công thức:

$$E_{i,i+1}^k = K_{i,i+1} \sqrt{(S_{i,k} - S_{i+1,k})^2 + (C_{i,k} - C_{i+1,k})^2} = K_{i,i+1} \Delta\varphi_{i,i+1}. \quad (5)$$

Giả sử có m giá trị hệ số cản a_j và $b_{j,j+1}$ chưa biết cần xác định, thì về nguyên tắc, ta cần đo và phân tích mô men đàn hồi thành các hàm điều hòa để thu được m giá trị biên độ mô men đàn hồi xoắn trên một đoạn trục $i, i+1$ (xem hình 3). Sau đó kết hợp với kết quả đo pha dao động $\Psi_{i,i+1}$ thì có thể lập được m phương trình đại số để giải được m giá trị a_j và $b_{j,j+1}$ chưa biết đó. Tuy nhiên, hệ

phương trình thu được là hệ nhiều ẩn và bậc cao nên để có thể giải được, số phương trình phải lập có thể nhiều hơn m nhằm thu được hệ phương trình tuyến tính với các ẩn mới là tổ hợp tích của các ẩn cũ: $x_j = a_1^{m_1} \cdot a_2^{m_2} \dots b_1^{m_1} \cdot b_2^{m_2} \dots$



Hình 3. Ứng suất theo thời gian do tại trục trung gian ở các vòng quay [2]

Thật vậy, từ (5) ta có: $\Delta\varphi_{i,i+1} = E_{i,i+1}^k / K_{i,i+1}$ và tính được $\Delta S_{i,i+1} = S_{i,k} - S_{i+1,k} = \Delta\varphi_{i,i+1} \sin\Psi_{i,i+1}$. Mặt khác, $\Delta S_{i,i+1}$ có thể được tính từ phương trình (5) như sau:

$$\left\{ \left[\Phi_{i+1,1\dots 2n} \right] - \left[\Phi_{i,1\dots 2n} \right] \right\} \times \left[M_k \right] = \Delta S_{i,i+1} \det(F_k), \tag{6}$$

trong đó $\left[\Phi_{i+1,1\dots 2n} \right]$ và $\left[\Phi_{i,1\dots 2n} \right]$ là các hàng thứ i và $i+1$ của ma trận $[\Phi]$ có các phần tử xác định bằng: $\Phi_{i,j} = D_{j,i}$, với $D_{j,i}$ là phần phụ đại số của phần tử (j,i) của ma trận F_k . Phương trình (6) có m ẩn cần tìm là các hệ số sức cản chưa biết. Chúng có thể được xác định nếu ta có m hoặc nhiều hơn các giá trị $\Delta S_{i,i+1}$ tương ứng với từng ấy giá trị $k\omega$.

Bảng 1. Biểu thức của các phần tử F_k

C_1	$-C$	$-C_3 X_1$	$C_3 X_2$
$-C$	C_2	$C_3 X_2$	$-C_3 X_3$
$C_3 X_1$	$-C_3 X_2$	C_1	$-C$
$-C_3 X_2$	$C_3 X_3$	$-C$	C_2

Để minh họa ta xét một ví dụ đơn giản. Giả sử hệ có 2 khối lượng, các ẩn chưa biết là các hệ số cản tuyệt đối a_1, a_2 và tương đối b . Ngoài ra, giả sử biết độ cứng trục K_{12} , mô men quán tính các khối lượng I_1 và I_2 cùng các biên độ mô men điều hòa tác dụng lên khối lượng $M_1^1, M_2^2, M_1^1, M_2^2$. Các phần tử của F_k được biểu diễn như ở bảng 1, trong đó:

$$C = K_{12}; C_1 = -I_1(k\omega)^2 + K_{12}; C_2 = -I_2(k\omega)^2 + K_{12}; C_3 = k\omega; x_1 = a_1 + b, x_2 = b; x_3 = a_2 + b.$$

Khai triển phương trình (6) nhờ sự hỗ trợ của gói Symbolic Math Toolbox trong phần mềm Matlab ta thu được phương trình tuyến tính đối với x_i , với $i = 1, \dots, 16$ có dạng:

$$\begin{aligned} \{T_1 \ T_2 \dots \ T_{16}\} \times \{x_1 \ x_2 \dots \ x_{16}\}^T &= P, \tag{7} \\ \text{trong đó: } x_4 &= x_1^2, x_5 = x_1 x_2, x_6 = x_1 x_3, x_7 = x_1 x_2^2, x_8 = x_1^2 x_3, x_9 = x_2 x_3, x_{10} = x_1 x_2 x_3, x_{11} = x_2^2, x_{12} = x_3^2, \\ x_{13} &= x_2^3, x_{14} = x_1^2 x_3^2, x_{15} = x_1 x_2^2 x_3, x_{16} = x_2^4; \\ P &= M_2^2 (C_2 C_1^2 - C^2 C_1) + M_1^1 (C^2 C_2 - C_1 C_2^2 + C^3 - C C_1 C_2) - \Delta S_{i,i+1} (C^4 - 2C^2 C_1 C_2 + C_1^2 C_2^2); \\ T_1 &= -M_2^2 C^2 C_3 + M_1^1 C C_2 C_3 - M_2^2 C C_2 C_3 + M_1^1 C_2^2 C_3; \\ T_2 &= 2M_2^2 C C_1 C_3 + M_2^2 C^2 C_3 - M_1^1 C_1 C_2 C_3 - M_1^1 C^2 C_3 + M_2^2 C_1 C_2 C_3 - M_1^1 C C_2 C_3 + M_2^2 C_2 C C_3; \\ T_3 &= M_1^1 C C_1 C_3 - M_2^2 C_1^2 C_3 - M_2^2 C C_1 C_3 - M_2^2 C^2 C_3; T_4 = \Delta S_{i,i+1} C^2 C_3^2 - M_2^2 C_2 C_3^2 + M_2^2 C_2 C_3^2; \\ T_5 &= 2 M_2^2 C C_3^2 - 4 \Delta S_{i,i+1} C C_2 C_3^2 + M_1^1 C_2 C_3^2 - M_2^2 C C_3^2; T_6 = 2 \Delta S_{i,i+1} C^2 C_3^2 - M_1^1 C C_3^2; T_7 = \\ M_2^2 C_3^3; \\ T_8 &= -M_2^2 C_3^3; T_9 = M_1^1 C_2 C_3^2 - 4 \Delta S_{i,i+1} C C_1 C_3^2 - 2 M_1^1 C C_3^2 + M_1^1 C_1 C_3^2; T_{10} = 2 M_1^1 C_3^3 + M_2^2 C_3^3; \\ T_{11} &= \{2 \Delta S_{i,i+1} (C_1 C_2 C_3^2 + C^2 C_3^2) - M_2^2 C_1 C_3^2 + M_1^1 C_2 C_3^2 - M_1^1 C C_3^2\}; \\ T_{12} &= \Delta S_{i,i+1} C_1^2 C_3^2 - M_1^1 C C_3^2 + M_1^1 C_1 C_3^2; K_{13} = M_1^1 C_3^3 - M C_1 C_3^3 - M_2^2 C_3^3 + M_2^2 C_3^3; \\ T_{14} &= \Delta S_{i,i+1} C_3^4; T_{15} = -2 \Delta S_{i,i+1} C_3^4; T_{16} = \Delta S_{i,i+1} C_3^4; \end{aligned}$$

Nếu ta có được 16 giá trị P tương ứng với 16 giá trị $k\omega$ thì sẽ thu được 16 phương trình tuyến tính dạng (7). Chú ý rằng các giá trị T_i và P được xác định khi biết $k\omega$, còn các nghiệm cần tìm (là các hệ số cần) không phụ thuộc vào $k\omega$. Hơn nữa, các trị số T_i khác nhau và không tỉ lệ tuyến tính đối với $k\omega$ nên ma trận $K(16 \times 16)$ không bị suy biến và nghiệm x xác định.

3. Kết luận

Như vậy, ở trên đã trình bày thuật toán và công thức cho phép xác định được các hệ số sức cản nếu đo được dao động xoắn ở một đoạn trục bất kì. Số kết quả đo cần phải xử lý sẽ phụ thuộc vào từng hệ trục cụ thể (ở ví dụ trên thì là 16). Sử dụng phần mềm Symbolic Matlab hoàn toàn có thể thiết lập được công thức ở dạng biểu tượng cho các hệ số T_i , P và x_i đối với hệ trục thực. Đối với hệ trục thực tế, số khối lượng tuy nhiều hơn (thường trên dưới 10 khối lượng, trong đó số xi lanh đã chiếm khoảng 6...8), song số ẩn cần tìm- tức là các hệ số cần khó xác định bằng lý thuyết như thủy lực chóng chóng, cản trong xi lanh động cơ và cơ cấu biên khuỷu cũng không nhiều vì chúng như nhau trên một đơn vị khuỷu trục.

Nghiệm của (7) chỉ đúng (nghĩa là thỏa mãn cả các điều kiện $x_4 = x_1^2$, $x_5 = x_1 x_2$, ..., $x_{16} = x_2^4$) khi các giả thiết các hệ số cân bằng hằng số là đúng (hoặc tương đối đúng). Khi đó, nghiệm của (4), (5), (6) sẽ đúng như trong thực tế (hoặc tương đối đúng). Ngược lại thì có nghĩa là có sai số giữa đo và tính toán, và các giả thiết là không phù hợp với thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đặng Hộ. Thiết kế trang trí động lực tàu thủy (tập 2). Nhà xuất bản GTVT, 1986.
- [2] Propulsion System Torsional Vibration Analysis B 170-V. Tài liệu về kết quả tính và đo dao động trình Đăng kiểm Đức của cơ quan thiết kế tàu Ba Lan.
- [3] Nguyễn Mạnh Thường. *Tính nghiệm dao động xoắn cho hệ trục loạt tàu B 170 -V*. TCGTVT số tháng 4-2011.
- [4] Nguyễn Mạnh Thường. Nghiên cứu xây dựng phương pháp xác định các hệ số sức cản bằng thực nghiệm phục vụ tính toán dao động hệ trục tàu thủy. Hội thảo khoa học về đóng tàu, vận tải thủy, công nghiệp dầu khí biển và thiết bị, phương tiện giao thông cơ giới đường bộ, đường sắt. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà nội, tháng 4-2014, tr. 34-46.

Người phản biện: TS. Cao Đức Thiệp; TS. Lê Anh Tuấn

THU THẬP VÀ XỬ LÝ ẢNH DÙNG PHẦN MỀM LABVIEW (PHẦN TIẾP THEO) IMAGE ACQUISITION AND PROCESSING WITH LABVIEW (CONTINUED)

TS. VƯƠNG ĐỨC PHÚC, TS. ĐÀO MINH QUÂN

Khoa Điện – Điện tử, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Ở bài báo số 39, Tạp chí KH-CN hàng hải [1] tác giả đã trình bày về các công cụ của LabVIEW trong việc thu thập hình ảnh từ các tập tin được lưu trữ trên một ổ đĩa cứng hoặc từ camera, xử lý các bài toán đơn giản liên quan đến hình ảnh như: Phân tích màu sắc, nhận dạng vật mẫu. Trong bài báo này tác giả sẽ phân tích sâu hơn về các bài toán xử lý hình ảnh liên quan đến tính toán khoảng cách và góc lệch của vật tới camera, v.v.. Ứng dụng thực tiễn của các bài toán có thể được áp dụng ngay trong tìm kiếm dữ liệu, trí tuệ nhân tạo và điều khiển rô-bốt.

Abstract

The previous paper introduced tools in LABVIEW to acquire images from a file stored on a local hard disk or from a camera. It also presented simple examples related to image processing such as colour checking, pattern matching. In this paper, image acquisition and processing related to the depth information and angle from object to camera will be analyzed more in detail. These examples are applied in data search, artificial intelligence and robotics control.

Key words: LabVIEW, Image Acquisition, Digital Image Processing, Stereo vision